

КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ КАРБИДОКРЕМНИЕВОГО ПОКРЫТИЯ НА УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНОЙ ПОДЛОЖКЕ

Цырендоржиева Д.Д.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Капранов Б.И., д.т.н., профессор кафедры физических методов и приборов контроля качества

В настоящее время для защиты изделий из углерод-углеродных композиционных материалов от воздействия температурных и агрессивных факторов среды широко используются защитные покрытия различного типа, одним из которых являются карбидокремниевые покрытия.

Большим преимуществом карбидокремниевых покрытий, обусловивших их широкое применение для создания защитного жаростойкого покрытия в авиационной, космической, атомной и других отраслях промышленности является отличная от традиционных покрытий способность длительно работать в условиях высоких температур (до 1600° и выше).

Важным параметром при диагностике покрытия является его толщина. Определение толщины покрытия позволяет обнаруживать скрытые производственные дефекты и отслеживать коррозионные процессы. Для этих целей используются толщиномеры, в основе которых лежат различные виды неразрушающего контроля.

В настоящее время для контроля толщины карбидокремниевого покрытия на углерод-углеродной подложке в основном применяются методы ультразвукового и радиационного видов неразрушающего контроля.

При использовании в качестве подложки углеродных композиционных материалов наиболее объективным физическим параметром, отличающим покрытие от подложки в углеродном композиционном материале, является плотность [2].

Для измерения толщины покрытия с плотностью ρ_2 , отличающейся от плотности основы ρ_1 может быть использован радиационный метод. В условиях одностороннего доступа к изделию можно использовать только обратно рассеянное излучение.

Авторами исследованы основные закономерности пространственного формирования потоков первичного и рассеянного излучений, обеспечивающие максимальную эффективность обнаружения изменения плотности в тонком поверхностном слое

объекта контроля. Разработаны геометрия контроля и конструкция измерительного преобразователя. Метод обеспечивает контроль толщины карбидокремниевого покрытия в диапазоне толщин до 300 мкм с погрешностью ± 10 мкм при доверительной вероятности 0,95 [4].

К недостаткам радиационных методов необходимо, прежде всего, отнести необходимость защиты персонала от действия излучений, в связи с чем требуются специальные меры радиационной безопасности: экранирование, увеличение расстояния от источника излучения и ограничение времени пребывания оператора в опасной зоне. Кроме того, к недостаткам контроля радиационными методами можно отнести длительность и высокую стоимость контроля.

Разность акустических свойств покрытия и основы и геометрическая форма границ покрытия не позволяют также использовать стандартные методы ультразвуковой толщинометрии.

Однако разработана методика неразрушающего контроля толщины карбидокремниевого покрытия на поверхности углерод-углеродных композитов с учетом предварительно измеренной шероховатости поверхности образцов. Выполнена верификация полученных методом ультразвуковой толщинометрии данных с применением оптической и сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом; установлено, что в пределах погрешности величин толщины покрытия, определенные тремя различными методами, совпадают. Показано, что уменьшение шероховатости поверхности образцов уменьшает погрешность определения толщины покрытия [5].

Недостатком ультразвуковых методов является необходимость обеспечения надежного контакта поверхности преобразователя с деталью и вызывает ряд затруднений при контроле деталей сложной формы. Также следует указать на необходимость применения расходных материалов, таких как контактная жидкость.

Несмотря на наличие разнообразной аппаратуры для контроля толщины карбидокремниевого покрытия на углерод-углеродной подложке существует настоятельная необходимость создания более совершенных приборов для контроля защитных покрытий.

В связи с выше сказанным представляет интерес использование вихретокового вида неразрушающего контроля.

Метод вихревых токов, наряду с ультразвуковыми и радиографическими методами, является одним из основных неразрушающих методов контроля и диагностики дефектов в различных материалах и изделиях. Основным информативным параметром в этом

методе является напряжение, вносимое в измерительную обмотку вихретокового преобразователя (ВТП). Данная величина зависит от состава и структуры материала, вида и параметров дефектов его строения, частоты переменного электромагнитного поля, возбуждающего вихревые токи, а также от технологических факторов — конструкции и параметров датчика, величины зазора между датчиком и поверхностью материала и т. д. В силу этого в зависимости от конкретных условий диагностики и контроля приходится изменять конструкцию и технологические характеристики датчика. Такие изменения призваны обеспечить высокую чувствительность обнаружению тех или иных видов дефектов в конкретном материале.

С точки зрения вихретокового контроля измерение толщины диэлектрического покрытия на проводящем основании — задача измерения зазора между ВТП и поверхностью проводящего основания. Для измерения толщины диэлектрического покрытия накладной ВТП устанавливают на внешнюю поверхность ОК, что фактически равносильно увеличению зазора на значение толщины покрытия.

Так как по физическим свойствам карбидокремниевое покрытие не обладает какими-либо электрическими или магнитными свойствами, позволяющими использовать стандартные методы вихретоковой толщинометрии, целесообразно применять частотный (параметрический) метод вихретокового контроля, который основан на измерении частоты сигнала параметрического ВТП, включенного в колебательный контур автогенератора.

Структурная схема приборов, в которых информация выделяется данными способами, приведена на рис. 1. Напряжение автогенератора 1, в колебательном контуре которого включен ВТП 4, поступает на детектор 2 (амплитудный или частотный). Постоянное напряжение с выхода детектора, пропорциональное амплитуде или отклонению частоты и амплитуды напряжения генератора от некоторого значения, поступает на индикатор 3.

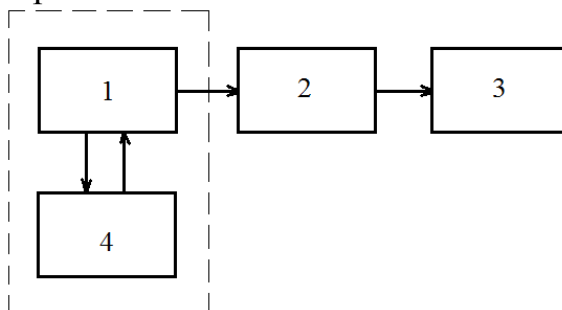


Рис. 1. Структурная схема прибора с включением ВТП в контур автогенератора

Частоту колебаний тока и напряжения можно использовать в качестве носителя полезной информации при включении ВТП в цепи автогенератора, в контур которого включен ВТП, может быть приблизительно найдена по формуле:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{C(L-L_{\text{вн}})} - \frac{(R_0+R_{\text{вн}})^2}{4(L-L_{\text{вн}})^2}}, \quad (1)$$

где C – емкость резонансного контура; L – индуктивность ВТП при отсутствии объекта; $L_{\text{вн}}$ – вносимая индуктивность; $R_{\text{вн}}$ – вносимое активное сопротивление.

В дальнейших исследованиях на основе данного устройства будет осуществляться способ, при котором параметрический ВТП включают в колебательный контур, на который подают импульсы возбуждающего тока и по измеренному значению частоты автогенератора f определяют толщину диэлектрического покрытия.

Список информационных источников

1. К. Н. Филонов, В. Н. Курлов, Н. В. Классен, Е. А. Кудренко, Э. А. Штейнман. Особенности свойств наноструктурированных карбидокремниевых пленок и покрытий, полученных новым способом // ИЗВЕСТИЯ РАН. СЕРИЯ ФИЗИЧЕСКАЯ – 2009. – Том 73. – № 10. – С. 1457–1459.
2. Симоненко Е.П., Севастьянов В.Г., Мешалкин В.П., Кузнецов Н.Г. Карбидокремниевое покрытие на поверхности углеродных нанотрубок // Композиты и наноструктуры. – 2009. – № 4. – С. 28–34.
3. Д. В. Гращенков, Н. Е. Щеголова, Е. П. Симоненко, Г. В. Ермакова. Высокотемпературный керамический композиционный материал, устойчивый при длительной эксплуатации до 2000°C с многоуровневой комплексной системой защиты // Все материалы. Энциклопедический справочник. – №6. – 2011. Электронная версия доступна по адресу: www.viam.ru/publik
4. Д.С. Белкин, Б.И. Капранов, Х.-М.В.А. Крёнинг, В.М. Блинов, В.Ю. Чунаев, Е.Г.Чечулин. Радиоизотопный метод толщинометрии карбидокремниевого покрытия // Вестник науки Сибири. – № 1 (7). – 2013. – С. 35 – 41.
5. В. Г. Севастьянов, Е. П. Симоненко, В. В. Горский, А. Н. Симоненко, Н. Б. Генералова, Н. Т. Кузнецов. Неразрушающий ультразвуковой контроль толщины карбидокремниевого покрытия на

углерод-углеродных композитах // Композиты и наноструктуры. – №4.– 2012.– С. 53 – 64.

6. Неразрушающий контроль. Справочник в 8 томах под редакцией Ключева В.В. Том 2. М., «Машиностроение», 2006г., 687 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА КРЕПЛЕНИЯ ДАТЧИКА ВИБРАЦИИ НА ПОСТОЯННЫЙ МАГНИТ

Чесноков Д.В.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Калинин А.Н. к.т.н., доцент кафедры
физических методов и приборов контроля качества*

В настоящее время вибродиагностика является одним из основных методов неразрушающего контроля агрегатов роторного типа. В основном, принципы виброакустического контроля и диагностики опираются на статистические исследования, т.к. нормативно-техническая документация не располагает достаточным количеством конкретных численных данных.

Одним из основных этапов технологического процесса вибродиагностики является закрепление датчиков вибрации на объекте контроля. Чем менее надёжно крепление датчика, тем большей нелинейностью обладает его характеристика, что впоследствии может затруднить анализ результатов измерений. По мере уменьшения надёжности крепления датчика происходит так же и уменьшение его резонансной частоты и, как следствие этого, сужение рабочего частотного диапазона [1].

Если рассмотреть нормативно-техническую документацию по вопросам способов крепления пьезоэлектрических акселерометров, то можно заметить, что в ней в основном содержится качественная информация о способах крепления, нежели количественная. Таким образом, для способа крепления на постоянный магнит в стандарте [1] сказано, что частотная характеристика зависит от таких параметров, как: *направление* измерений, *плоскостность* контактирующих поверхностей, *масса* и *толщина* магнита и *магнитных свойств* материала. Однако численные значения вышеупомянутых параметров отсутствуют, поэтому вопрос об определении любых численных значений в области исследования способов крепления акселерометров остаётся актуальным.

Объектом исследования является способ крепления датчика вибрации при помощи постоянного магнита на стальной пластине,